中華農業研究（Jour. agric. Res. China）30(3)：201~214（1981）

氣象對臺灣一、二期稻作農藝性狀影響之研究[1]

劉　　清　謝順景　林明華[2]

摘要：利用全省7個地區，5 個品種之 22 套水稻長期區域試驗資料來分析氣象因子對農藝性狀之影響。所考慮之氣象因子有抽穗前45天及抽穗後 30 天之平均氣溫及平均日照時數，農藝性狀有生長日數（由移植到抽穗日數）、成熟日數（由抽穗到成熟日數）、株高、穗數及產量等。因子分析的結果發現氣象因子影響農藝性狀的方式及程度因地區、品種和期作而互異，期作間之差異與氣象因子的關係亦隨地區、品種而有所不同。此種現象不僅是由於品種本身遺傳的機制對氣象變化反應的不同，亦由於存在有遺傳與環境的交感作用。正典相關分析的結果顯示 4 氣象因子與5個農藝性狀的相關性以臺中及屏東地區爲最大，對品種而言則臺南 5 號之相關性最高。本研究認爲一、二期作產量提高的關鍵在於如何由育種上及栽培上去盡量利用氣溫及日照這二大天然資源。

臺灣水稻產量第二期作較第一期作低產爲衆所週知之事實，尤以秈稻之低產情形較稉稻爲嚴重，二期作秈稉稻之產量分別爲一期作之 75 和 80 %左右。第二期作低產原因錯綜複雜，有關之研究報告亦甚多，國科會於民國 68 年所出版之『臺灣二期作稻低產原因及其解決方法研討會專集』一書曾分別由環境因子、植物生理、土壤因子及病蟲害等方面來研究低產之原因，對各種可能之影響因素皆有詳盡的探討，爲至目前爲止對二期稻作低產原因討論最爲詳盡的專書。二期作低產之原因雖然很多，但歸納起來皆或多或少與氣象因子有關（黃，1979）。此源於兩期稻作生長環境的不同主要在於氣象因子的差異（鄔等，1975），由於氣象因子的差異再影響到植物生理、土壤因子和病蟲害等方面，當然氣象因子同時亦影響第一期稻作的產量。因此，氣象因子的不同實爲一、二期作產量差異最根本的原因，所以要提高二期作產量，首先必需明瞭氣象因子對臺灣一、二期稻作產量構成要素及產量的影響。本試驗之目的即針對此一問題探究氣象因子如溫度、日照等對本省第一、二期作稻產量及農藝性狀之影響，並探討氣象因子對不同品種在不同地區之影響方式是否一致。此類資料不僅可作栽培上的對策，同時可供將來水稻育種的參考。

材料與方法

欲探討氣象因子對臺灣一、二期稻作產量構成要素及產量的影響時，氣象及農藝資料愈多愈久則所得之結論自愈可靠，但此等氣象及農藝資料必需能互相配合。本文由於需用到長期的氣象及農藝特性紀錄，故利用農試所所保存的歷年稉稻區域試驗資料，並配合中央氣象局發行的農業氣象旬報，來探討兩期作間氣象因子的變化對產量差異的影響。資料經整理後共有 22 套可供分析，今依地區、品種及年數示於表一。供分析用之農藝性狀計有生育日數（由移植至抽穗日數）、成熟日數（由抽穗至成

---

1. 臺灣省農業試驗所 研究報告 第 989 號。本計畫承行政院農業發展委員會補助，謹致謝忱。

2. 本所農藝系研究員、研究員兼系主任、助理研究員。臺灣省 臺中縣 霧峰鄉。

熟日數）、株高、穗數及產量等5項，氣象資料計有抽穗前 45 天及抽穗後 30 天之平均氣溫、最高氣溫、最低氣溫、降水量及日照時數等 10 項。採抽穗前 45 天及抽穗後 30 天之氣象資料的原因，在於前者包括整個幼穗分化過程，而後者則包括整個穀粒充實及成熟過程，此期間對產量之影響最大之故。

分析方法首先以原始資料依地點別、品種別及期作別等進行相關分析、因子分析（factor analysis）及轉軸分析（varimax rotation），並計算農藝性狀及氣象因子之正典相關（canonical correlation）係數；次按地點別、品種別等計算相同年度內兩期作資料所有農藝性狀及氣象因素之差異，並以此差異進行上述各項分析。由此等分析，吾人可以探討各品種在不同地點、不同期作下生長時氣象因子對農藝性狀的影響方式及程度，並進而決定影響產量的直接及間接因素，同時可尋找同品種、同地點在不同期作下生長時影響農藝性狀差異的氣象因子。

結果與討論

一、不同地點、品種及期作之相關及因子分析

由初步之相關分析發現氣象因子之最高氣溫、最低氣溫及降水量等對株高、穗數及產量之影響極小，此可能因最高及最低氣溫之持續時間很短而不致影響水稻之生長，至於降水量則因臺灣之灌漑設施良好，已不再成爲影響水稻產量之重要因素。爲提高因子分析及轉軸分析之有效性（efficiency）

表 1. 資料之地區、品種及使用年數

Table 1. Region, variety and years of data

地區 Region	品種 Variety	期作 Crop	使用年數 Years	兩期作可配合年數 Years which two crops can match
臺北 Taipei	臺中65號 Taichung 65	1 2	26 25	25
新竹 Hsinchu	臺中65號 Taichung 65	1 2	22 21	21
臺中 Taichung	臺中65號 Taichung 65	1 2	14 13	13
臺中 Taichung	臺南5號 Tainan 5	1 2	12 12	11
屏東 Pingtung	高雄27號 Kaohsiung 27	1 2	12 11	11
屏東 Pingtung	臺南5號 Tainan 5	1 2	10 11	9
屏東 Pingtung	嘉農242號 Chianung 242	1 2	14 13	11
花蓮 Hualien	嘉南8號 Chianan 8	1 2	20 19	19
臺東 Taitung	嘉南8號 Chianan 8	1 2	26 25	25
羅東 Lotung	臺中65號 Taichung 65	1 2	14 13	13
羅東 Lotung	臺南5號 Tainan 5	1 2	10 11	9

，所以決定去除這些變數，僅以①生育日數、②成熟日數、③株高、④穗數、⑤產量、⑥抽穗前 45 天之平均氣溫、⑦抽穗前 45 天之平均日照時數、⑧抽穗後 30 天之平均氣溫及⑨抽穗後 30 天之平

均日照時數等 9 個變數進行所有分析。22 套資料之 5 個農藝性狀及 4 個氣象因子分析及轉軸後之因子結構（factor pattern）示於表二至表八。不同品種、不同地區、不同期作的因子結構亦不同，換言之，各品種在不同地區、不同期作下，受氣象因子之影響程度及方式也不同。表二至表八僅列出因子分析後之特性根（eigenvalue）顯著大於 1 的因子（factor），因本文以各變數之標準化值來進行因子分析，故特性根小於或接近 1 的因子其解釋變異的能力反較原來的任一變數爲小，故予忽略。表二至表八亦僅列出因子負荷量（factor loading）之絕對植大於 0.4 者，因子負荷量可解釋爲變數（variable）及因子（factor）之相關係數，此相關係數之絕對值若小於 0.4 者，則無多大實際意義可言（Harman, 1967），故爲簡要解釋因子結構起見亦予忽略。茲將不同地區、不同品種之產量因子結構分析結果說明如下：

（一）臺北地區—臺中 65 號（表 2）：

表 2. 臺北地區，臺中 65 號的產量因子結構

Table 2. Factor pattern of rice yield for Taichung 65 in Taipei region

時期 Stage	項目 Item	一期作 1st crop 因子 factor 1	2	3	二期作 2nd crop 因子 factor 1	2	3	期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1	2	3
	生育日數 Days of growing		.82		.80			.64		
	成熟日數 Days of maturing		-.61		-.73			-.89		
	株高 Plant height	.71					.76			.58
	穗數 No. of panicle	.84			.59	.46			-.53	
	產量 Yield	.68			.84			.85		
抽穗前 45 天 45 days before heading	氣溫 Air temperature	.54			-.49	.67			-.41	.67
	日照 Sunshine hours		-.80			.52	-.61		-.85	
抽穗後 30 天 30 days after heading	氣溫 Air temperature			.89		.84				.80
	日照 Sunshine hours			.95			-.77		.54	

1.一期作之第 1 因子爲抽穗前 45 天之氣溫與株高、穗數及產量之關係，顯示此時期之高溫可使株高和穗數增加因而使產量增加；第 2 因子爲抽穗前 45 天之日照與生育日數和成熟日數的關係，顯示此時期之日照愈多，雖可縮短生育日數，但反使成熟日數延長；第 3 因子則爲抽穗後 30 天之氣溫及日照的關係，但此時期之氣溫及日照對 5 個農藝性狀的變化無甚直接影響。

2.二期作之第 1 因子很明顯的表示抽穗前 45 天之氣溫對穗數及產量的影響，顯示此時期之高溫導致穗數及產量的減少，並使生育日數減短和成熟日數增長；第 2 因子爲穗數與氣溫及日照之一般關係，可看出抽穗後 30 天之高溫可增加穗數；第 3 因子爲日照與株高的關係，亦即短日照可使株高增長。

3.期作間差異之第 1 因子爲農藝性狀之因子，顯示產量之差異主由生育日數之差異而來，並非穗數之差異所致；第 2 因子爲穗數及氣象因子之關係，穗數差異主由抽穗前 45 天之氣溫及日照差異所引起，但日照之差異較氣溫之差異爲顯著；第 3 因子爲株高與氣溫之關係，顯示株高之差異主要由於氣溫之差異所引起，尤以抽穗後 30 天之氣溫差異爲然。

（二）新竹地區—臺中 65 號（表 3）：

表 3. 新竹地區，臺中 65 號的產量因子結構

Table 3. Factor pattern of rice yield for Taichung 65 in Hsinchu region

時期 Stage	項目 Item	一期作 1st crop 因子 factor 1	2	3	二期作 2nd crop 因子 factor 1	2	3	期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1	2	3
	生育日數 Days of growing		-.68		.80				-.80	
	成熟日數 Day, of maturing			.71	-.61	.58			.46	
	株高 Plant height	-.89				-.81		-.83		
	穗數 No. of panicle	-.82						-.82		
	產量 Yield	-.81				-.84		-.90		
抽穗前 45 天 45 days before heading	氣溫 Air temperature		.58	.41	-.81				.50	-.60
	日照 Sunshine hours		.90				.78			-.89
抽穗後 30 天 30 days after heading	氣溫 Air temperature			.44	-.56	-.65			.72	
	日照 Sunshine hours			-.76			.77			-.53

1.一期作之第 1 因子主受株高、穗數及產量所影響，顯示氣溫及日照並不直接影響到 3 個性狀，產量之高低主受株高大小及穗數多少的影響。第 2 因子爲抽穗前 45 天之氣溫、日照和生育日數間的關係，此時之高氣溫和多日照會縮短生育日數。第 3 因子則明顯地表出抽穗後 30 天之日照與成熟日數的關係，抽穗後 30 天之日照愈多，成熟所需日數則愈短。

2.二期作之第 1 因子爲氣溫與生育及成熟日數之關係，抽穗前 45 天之高溫雖可縮短生育日數，但却使成熟日數延長。第 2 因子爲抽穗後 30 天之氣溫與產量、株高及成熟日數之關係，此時之氣溫愈高，不但使成熟日數減少，且使株高和產量增加。第 3 因子主由日照時數所決定，日照時數雖對農藝性狀無直接影響，但可能影響氣溫因而間接再影響到農藝性狀。

3.期作間差異之第 1 因子爲農藝性狀之因子，可看出產量之差異主要是由於穗數及株高差異而來，而不在於生育或成熟日數的差異，此現象與此品種在臺北地區的表現不同。第 2 因子爲氣溫與生育及成熟日數的關係，高溫雖減少生育日數，但却使成熟日數增長。第 3 因子顯示日照差異對農藝性狀之差異無甚直接影響。

(三) 臺中地區

1.臺中 65 號（表4）：

（1）一期作之第 1 因子爲抽穗前 45 天之氣溫及日照與株高及穗數間的關係，此時之高溫多日照可增高植株及增多穗數，因而使產量增加。第 2 因子爲產量與生育及成熟日數的關係，顯示生育期及成熟期愈長則產量愈高。第 3 因子爲抽穗後 30 天之氣溫和日照與產量的關係，此時之高溫多日照雖有增加產量之趨勢，但效果不大明顯。

（2）二期作之第 1 因子顯示產量、生育日數及株高間之關係、生育日數及株高的增加可提高產量，而抽穗後 30 天的多日照反而延長成熟日數。第 2 因子爲抽穗後 30 天之氣溫與穗數的關係，此時之氣溫愈高，穗數反而減少。第 3 因子主由抽穗前 45 天之氣溫及日照所決定，顯示此時之氣溫和日照與 5 個農藝性狀無甚直接明顯的關係。由臺中 65 號在臺中地區的表現看來，一期作時抽穗前 45 天之氣溫及日照影響產量及農藝性狀；二期作時則爲抽穗後 30 天之氣溫及日照，情形正好相反。

表 4. 臺中地區，臺中 65 號和臺南 5 號的產量因子結構

Table 4. Factor pattern of rice yield for Taichung 65 and Tainan 5 in Taichung region

時期 Stage	項目 Item	Taichung 65									Tainan 5								
		一期作 1st crop			二期作 2nd crop			期作差異 Inter-crop difference			一期作 1st crop			二期作 2nd crop			期作差異 Inter-crop difference		
		因子 factor			因子 factor			因子 factor			因子 factor			因子 factor			因子 factor		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	生育日數 Days of growing		-.87		.61	-.50		.87			.58		.65		.82			-.67	.66
	成熟日數 Days of maturing		-.68		-.87				.70		-.91					.83	.54		-.80
	株高 Plant height	.81			.84			.50	-.72	.44	.41			-.72			.80		
	穗數 No. of panicle	.88				.85				.79		.79		.66			.63		.53
	產量 Yield		-.74	.43	.91			.86				.79			.49	.81	.73	-.63	
抽穗前前 45 天 45 days before heading	氣溫 Air temperature	.79					-.94	.82				.72	-.44		-.72			.77	
	日照 Sunshine hours	.61					-.81		.56	.44			-.96	.55		-.60		.80	
抽穗後 30 天 30 days after heading	氣溫 Air temperature			.66		-.75		.72			.74	.61		-.58	-.43				.61
	日照 Sunshine hours			.91	-.64					-.75	.95			.71	.45		.87		

（3）期作間差異之第1因子主為氣溫與生育日數，株高及產量之關係，二期作間氣溫之差異為影響生育日數、株高及產量差異之最大原因。第2因子為抽穗前 45 天之日照與成熟日數及株高之關係，此時之日照差異愈大，則成熟日數之差異亦愈大，但株高之差異則愈小。第3因子為抽穗後 30 天之日照與穗數的關係，此時之日照差異愈大，穗數之差異反而愈小。

2.臺南5號（表4）：

（1）一期作之第1因子為抽穗後 30 天之氣溫及日照與成熟日數的關係，此時之高溫多日照可縮短成熟日數。第2因子為氣溫與穗數及產量的關係，可能是高溫增加穗數因而使產量增加。第3因子為抽穗前 45 天之日照與生育日數的關係，此時之多日照可縮短生育日數。

（2）二期作之第1因子顯示日照與穗數及株高與溫度之關係，多日照可使穗數增加，而抽穗後 30 天之高溫促使植株增高。第 2 因子主為抽穗前 45 天之氣溫及生育日數之關係，此時之高溫可縮短生育日數。第3因子為抽穗前 45 天之日照與成熟日數及產量之關係，可能是此時期之短日照縮短生育日數而延長了成熟日數因而使產量增加。

（3）期作間差異之第1因子明顯地表示抽穗後 30 天之日照差異影響成熟日數、株高、穗數及產量之差異。第2因子為抽穗前 45 天之氣溫及日照與生育日數的關係，此時之氣溫及日照差異影響到生育日數的差異，當然影響到產量的差異。第3因子主為抽穗後 30 天的氣溫與成熟日數的關係，此時之氣溫差異愈大，成熟日數之差異愈小。

（四）屏東地區：

1.高雄 27 號（表5）

（1）一期作之第1因子顯示生育日數長及抽穗後 30 天之多日照可提高穗數及產量。第2因子為抽穗前 45 天之日照與穗數的關係，此時之多日照反而使穗數減少。第3因子顯示氣象因子與農藝性狀及產量間無直接關係，即高雄 27 號在屏東地區之第一期作，日照對其農藝性狀及產量的影響較氣溫為大且直接。

（2）二期作之第1因子為抽穗前 45 天之日照與生育及成熟日數的關係，此時之多日照雖可縮短生育日數，但却延長成熟日數。第2因子為抽穗前 45 天之氣溫與抽穗後 30 天之日照與穗數的關係，顯示生育初期的高溫與生育後期的多日照可使穗數增加，尤以生育後期之多日照效果更顯著。第3因子為抽穗後30天之氣溫與株高及產量的關係，此時之氣溫高不但使株高增加，同時可提高產量。

（3）期作間差異之第1因子主要為抽穗後 30 天之氣溫及日照與穗數及產量之關係，此時之氣象差異愈大，穗數及產量之差異愈大，可能是氣象差異首先影響到成熟日數之差異，再影響到穗數及產量的差異。第2因子為抽穗前 45 天之日照與生育日數之關係，此時之日照差異愈小，生育日數之差異反而愈大。第3因子為抽穗前 45 天之氣溫與株高之關係，顯示一、二期作株高之差異主要受生育初期氣溫差異的影響。

2.臺南5號（表5）

（1）一期作之第1因子主要為抽穗前 45 天之氣溫及日照與株高、穗數和產量的關係，此時期之高溫及多日照不論對株高、穗數或產量皆有正的效果，可能是高溫及多日照使植株生長良好，穗數增多，因而產量增加。第2因子主要為氣溫與生育及成熟日數的關係，顯示生長初期之高溫雖縮短生育日數，但生長後期之高溫却反而延長成熟日數。第3因子主要為抽穗後 30 天之日照與株高的關係，此時之多日照促使株高增加。

（2）二期作之第1因子主要為生育日數與成熟日數的關係，顯示生育日數的縮減要以成熟日數的延長作代價。第2因子為氣象因子間的關係。第3因子雖表示抽穗前 45 天之高氣溫及多日照對穗數及產量有增加的效果，但影響並不明顯。第2期作臺南5號在屏東地區之因子結構顯示氣象因子對農藝性狀之影響並不明顯，此或許是因這套資料年數較少，結論有待進一步之證實。

（3）期作間差異之第1因子為抽穗前 45 天之氣溫、日照及抽穗後 30 天之氣溫與株高及穗數

表 5. 屏東地區，高雄 27 號、臺南 5 號和嘉農 242 號之產量因子結構

Table 5. Factor pattern of rice yield for Kaohsiung 27. Tainan 5, and Chianung 242 in Pingtung region

時期 Stage	項目 Item	Kaohsiung 27									Tainan 5									Chianung 242								
		一期作 1st crop 因子 factor			二期作 2nd crop 因子 factor			期作差異 Inter-crop difference 因子 factor			一期作 1st crop 因子 factor			二期作 2nd crop 因子 factor			期作差異 Inter-crop difference 因子 factor			一期作 1st crop 因子 factor			二期作 2nd crop 因子 factor			期作差異 Inter-crop difference 因子 factor		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	生育日數 Days of growing	.88			.83				-.60			.83		.92					-.95		.75		.84			.52	-.52	
	成熟日數 Days of maturing		.71		-.87			.69				-.84		-.85			-.42		.52	.80			-.57	.70			.81	
	株高 Plant height	.63				.52	.77			.90	-.68		.58	.79			.91				.80			.52	.67	.75		
	穗數 No. of panicle	.63	-.63			-.80		.67			-.84			.41		-.79	.78			.63		-.66			.86	.81		
	產量 Yield	.80					.81	.73			-.77					-.92		.76	-.58	.42	.77		-.75			.83		
抽穗前前45天 45 days before heading	氣溫 Air temperature			.91		-.67				.66	-.77	-.55			-.81	-.44	.83	.41				.87		-.53	.69			-.80
	日照 Sunshine hours		.87		.70				.92		-.80				.85	-.42	.73	.53		.62				-.75				-.84
抽穗後 30 天 30 days after heading	氣溫 Air temperature	.57		.71			.64	.75			-.57	-.58	.45		-.68		.91					.70	-.50				.51	
	日照 Sunshine hours	.86				-.72		.88		-.41			.94		.54			.89		.76			-.54	-.62		.49	.79	

的關係，這些氣象差異愈大，株高及穗數之差異亦愈大。第 2 因子明顯地表示抽穗後 30 天之日照差異爲影響產量差異之最大因素。第 3 因子表示二期作間生育日數之差異愈大，成熟日數之差異愈小，進而使產量差異亦愈大。

3.嘉農 242 號（表5）

（1）一期作之第 1 因子主爲日照與成熟日數及穗數間之關係，顯示多日照有促進分蘗進而增加穗數之效果，同時抽穗後 30 天之多日照亦可延長成熟日數。第 2 因子說明生育日數與株高及產量的關係，生育日數愈長，株高增加，產量亦增加。第 3 因子爲氣溫及穗數的關係，不論是抽穗前 45 天或抽穗後 30 天的高氣溫對穗數均有不利的影響。

（2）二期作之第 1 因子顯示抽穗後 30 天之高氣溫及多日照有使產量增加的趨勢，唯效果並不明顯，另外短生育日數所伴隨而來的長成熟日數亦有提高產量的作用。第 2 因子主要在說明日照與成熟日數及株高的關係，日照少，株高反而增高；另外抽穗後 30 天的日照愈少，成熟所需日數愈長。第 3 因子爲氣溫和株高及穗數的關係，抽穗前 45 天的高溫有使株高增高及穗數增加的作用。

（3）期作間差異之第 1 因子指出二期作間產量的差異主要是由於生育日數、株高及穗數之差異而來，其中尤以穗數差異最爲重要。第 2 因子說明抽穗後 30 天之日照差異是造成成熟日數差異之主因，此時之日照差異愈大，成熟日數之差異亦愈大。第 3 因子顯示抽穗前 45 天的氣溫及日照差異對 5 個農藝性狀之差異無多大直接關係。

（五）花蓮地區—嘉南 8 號（表6）：

表 6. 花蓮地區，嘉南 8 號的產量因子結構

Table 6. Factor pattern of rice yield for Chianan 8 in Hualien region.

時期 Stage	項目 Item	一期作 1st crop 因子 factor 1	2	3	二期作 2nd crop 因子 factor 1	2	3	期作差異 Inter-crop difference 因子 factor 1	2	3
	生育日數 Days of growing		-.65	.53	.76					.79
	成熟日數 Days of maturing			-.85	-.48	-.62				-.49
	株高 Plant height		.68			-.73	.55		.78	
	穗數 No. of panicle		.86			-.86			.78	-.48
	產量 Yield	-.45	.75			-.73	.46		.85	
抽穗前前 45 天 45 days before heading	氣溫 Air temperature	-.86			-.67		.61	.90		
	日照 Sunshine hours	-.74			-.74			.67		
抽穗後 30 天 30 days after heading	氣溫 Air temperature	-.82			-.63		.64	.95		
	日照 Sunshine hours	-.73					.90	.70	.48	

1.一期作之第 1 因子指出抽穗前 45 天及抽穗後 30 天的氣溫及日照雖與產量有關係，但效果不大明顯，其原因可能是氣象因子先影響到其他農藝性狀，再由其他農藝性狀影響到產量。第 2 因子顯示產量與生育日數、株高及穗數的關係，短生育日數所引起的長成熟日數及高植株，多穗數，因而促使產量增加。第 3 因子可用來支持對第 2 因子的解釋，即生育日數的縮短會使成熟日數延長。

2.二期作之第 1 因子爲氣象因子與生育及成熟日數的關係，抽穗前 45 天的高溫及多日照明顯地

可縮短生育日數；而抽穗後 30 天的高溫反而延長成熟日數，但效果並不明顯。第 2 因子說明產量與成熟日數、株高及穗數的關係，可看出成熟日數的延長，植株的增高及穗數的增多有提高產量的作用，尤以穗數與產量的關係最大。第 3 因子顯示氣溫及抽穗後 30 天的日照與株高及產量的關係，高氣溫及成熟期的多日照可使植株增高並提高產量，唯氣溫與日照對產量提高的效果是間接的，此由第 2 因子之結構可看出。

3.期作間差異的因子結構顯示二期作間氣象因子的差異並不直接影響到 5 個農藝性狀的差異，雖然抽穗後 30 天的日照差異可用來解釋株高、穗數及產量的差異，但解釋能力不大。由因子結構中可看出產量的差異主要是由株高及穗數之差異而來；而穗數之差異又與生育及成熟日數之差異有關，若生育日數之差異愈大，成熟日數差異愈小，則穗數之差異亦愈小。

（六）臺東地區一嘉南 8 號（表 7）

表 7. 臺東地區，嘉南 8 號的產量因子結構

Table 7. Factor pattern of rice yield for Chianan 8 in Taitung region

時期 Stage	項目 Item	一期作 1st crop 因子 factor			二期作 2nd crop 因子 factor			期作差異 Inter-crop difference 因子 factor		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	生育日數 Days of growing			.81	.78			.52		
	成熟日數 Days of maturing	-.50		-.50	-.84				-.72	
	株高 Plant height		.47			-.88			.50	.66
	穗數 No. of panicle			.69			-.79			.48
	產量 Yield		.43			-.90				.86
抽穗前 45 天 45 days before heading	氣溫 Air temperature		.78		-.52	.49	-.51		-.68	
	日照 Sunshine hours		.80		-.73				-.71	
抽穗後 30 天 30 days after heading	氣溫 Air temperature	.89					-.72	-.83		
	日照 Sunshine hours	.89					-.54	-.92		

1.一期作之第 1 因子說明抽穗後 30 天之氣溫和日照與成熟日數的關係，此時之高溫及多日照縮短成熟日數。第 2 因子顯示抽穗前 45 天之氣溫及日照與株高和產量的關係，此時之高溫及多日照有增加株高及產量的作用，唯效果並不十分明顯。第 3 因子表明穗數與生育和成熟日數的關係，較長之生育日數（或短成熟日數）會使穗數增加。

2.二期作之第 1 因子爲抽穗前 45 天之氣溫及日照與生育日數之關係，此時之高溫及多日照雖有縮短生育日數之作用，但却以增加成熟日數爲代價。第 2 因子爲抽穗前 45 天之氣溫、株高及產量的關係，抽穗前 45 天在高溫環境下不利於株高及產量。第 3 因子主要爲抽穗後 30 天之氣溫與穗數的關係，抽穗後 30 天之高溫對穗數有利，自然使產量提高。

3.期作間差異的第 1 因子應解釋爲二期作間抽穗後 30 天之氣溫及日照差異直接影響到成熟日數的差異，再間接影響到生育日數的差異。第 2 因子與第 1 因子類似，亦應解釋爲抽穗前 45 天之氣溫及日照差異直接影響到生育日數的差異，再間接影響到成熟日數的差異。第 3 因子明顯地表示產量之差異主由株高及穗數差異而來，可能是氣象差異影響到株高及穗數的差異，再影響到產量的差異。

表 8. 羅東地區，臺中 65 號和臺南 5 號之產量因子結構

Table 8. Factor pattern of rice yield for Taichung 65 and Tainan 5 in Lotung region

時期 Stage	項目 Item	Taichung 65									Tainan 5								
		一期作 1st crop 因子 factor			二期作 2nd crop 因子 factor			期作差異 Inter-crop difference 因子 factor			一期作 1st crop 因子 factor			二期作 2nd crop 因子 factor			期作差異 Inter-crop difference 因子 factor		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	生育日數 Days of growing		.85		.59	-.46	.44	-.76					-.42		-.87				-.82
	成熟日數 Days of maturing	-.79				.87		.84			-.75		.43		.46	.64		-.86	
	株高 Plant height		-.68		.69			-.66					-.74	-.88				.81	
	穗數 No. of panicle		.85				-.97		-.49	-.75			.77	-.83					.76
	產量 Yield	-.48	-.55	-.41	.55	-.69						-.84		-.77			-.72		.55
抽穗前 45 天 45 days before heading	氣溫 Air temperature			.93	-.80				.81			-.92			.90		-.54	-.74	
	日照 Sunshine hours			.87	-.72				.93		-.57	-.61		-.41		.60		-.58	.68
抽穗 30 前天 30 days after heading	氣溫 Air temperature	-.86			-.90			.61			.79	-.43			.54	-.71	-.93		
	日照 Sunshine hours	-.85			-.45	-.64				-.85	.86					-.74	-.88		

（七）羅東地區

1.臺中 65 號（表8）

（1）一期作之第1因子顯示抽穗後 30 天之氣溫及日照與成熟日數及產量的關係，此時之高溫及多日照反而延長成熟日數，並使產量增加。第2因子指出生育日數及穗數的增多非但無法使產量增加，反而減少產量，此時產量之增加要靠較長的成熟日數，而非生育日數。第3因子可看出抽穗前 45 天之氣溫和日照與產量的關係並不十分明顯。

（2）二期作之第1因子代表氣象因子與生育日數、株高及產量的一般關係，二期作全生育期的高溫及多日照雖可縮短生育日數，但株高及產量亦隨著降低。第2因子顯示抽穗後 30 天之多日照對縮短成熟日數及提高產產量的效應。第3因子可看出生育日數與穗數之間的關係，顯示生育日數的增長可使穗數減少，但其關係並不十分明顯。

（3）期作間差異的第1因子表示抽穗後 30 天之氣溫差異爲成熟日數差異的主因，且此時氣溫之差異愈大，株高之差異反而愈小。第2因子明顯表出抽穗前 45 天之氣溫及日照差異是造成穗數差異的主因，此時期之氣溫及日照差異愈大，穗數之差異反而愈小。第3因子爲抽穗後 30 天之日照差異對穗數的影響，此時之日照差異愈大，穗數之差異亦愈大，且關係十分明顯。

2.臺南5號（表8）

（1）一期作之第1因子爲抽穗後 30 天之氣溫及日照與成熟日數之關係，與其他地區，其他品種之表現類似，此時之高溫與多日照可縮短生育日數。第2因子爲抽穗前 45 天之氣溫及日照與產量的關係，此時之氣溫及日照對產量有絕對的影響，高溫及多日照可使產量提高。第3因子爲株高與穗數的關係，株高愈矮，穗數愈多。

（2）二期作之第1因子主要說明產量、穗數及株高的關係，亦即產量的高低與株高的大小及穗數的多寡有密切的關係。第2因子顯示抽穗前 45 天的高溫雖使生育日數縮短，但此效果却延長了成熟日數。第3因子爲抽穗後 30 天之氣溫及日照與成熟日數的關係，此時的高溫及多日照縮短成熟所需日數。

（3）期作間差異之第1因子明顯指出二期作間產量的差異主要是由於抽穗後 30 天之氣溫及日照所決定，此時期之氣溫差異愈大，日照差異愈多，產量之差異亦愈大。第2因子指出抽穗前 45 天之氣溫及日照差異愈大，生育日數之差異雖愈小，但反使成熟日數之差異增大，同時株高之差異亦變小。第3因子可用來補充說明第2因子，即抽穗前 45 天之日照差異愈大，生育日數之差異愈小，但穗數及產量之差異却愈大，穗數差異與日照差異之關係尤其明顯。

由以上結果觀之，不同地區或不同品種，不論是一期作、二期作或期作間之差異，其因子結構都不盡相同，可知氣象因子對農藝性狀的影響方式及程度因地區或品種之不同而異，此非但是由於品種本身遺傳因子的差異，尙有遺傳及環境的交感作用（genetic-environment interaction）的存在。在本研究中，臺北、新竹、臺中及羅東4地的氣象因子對臺中 65 號的影響程度及方式即大不相同；同樣地，臺中、屏東、羅東3地的氣象因子對臺南5號的影響方式及程度也互異，反過來說，相同地區的不同品種如臺中地區的臺中 65 號和臺南5號及屏東地區的高雄 27 號、臺南5號和嘉農 242 號等所受到的氣象影響也不同。雖然氣象因子的差異祇是環境差異的一部份，但如前所述，氣象因子的差異可影響到植物生理、土壤因子及病蟲等方面，所以可視爲造成環境差異最重要的因素。品種在遺傳上的不同，再加上相當程度的遺傳與環境交感作用，使得氣象因子對水稻農藝性狀的影響方式及程度亦因地區、品種及期作之不同而互異，很難（甚或不可能）尋出一個通則。因此要談到農業氣象對水稻產量及農藝性狀的影響必須針對某一地區、某一品種之某一期作而言才有實際意義，此即何以一般當地慣用品種（local variety）通常皆有甚高及較穩定產量的原因，因當地品種即是由於較能够適應當地氣候環境而得以被長期保留的緣故。

二、農藝性狀及氣象因子之正典相關分析

農藝性狀及氣象因子的相關性可由正典相關係數 (canonical correlation coefficient) 看出，正典相關爲兩"組"變數間相關程度的一個指標 (Press, 1972)。不同地區、不同品種、不同期作及期作間差異之 5 個農藝性狀和 4 個氣象因子的正典相關係數列於表九。表九中之所有正典相關係數皆甚高，顯示氣象因子確實影響到農藝性狀的表現，雖然其影響之方式及程度因地區、品種及期作而有所不同。以地區而言(表 9)，臺中及屏東地區氣象因子與農藝性狀之相關性最高，其次爲羅東地區，而臺北、新竹、花蓮及臺東地區的相關性則較小。以品種而言(表 9)，臺南 5 號 (0.98) 與氣象因子的相關性最高，亦即其對氣象變化的反應較敏感，高雄 27 號 (0.97) 及嘉農 242 號 (0.93) 之相關性次之，而臺中 65 號 (0.83) 及嘉農 8 號 (0.75) 則較小。以期作而言 (表 9)，二期作時氣象因子與農藝性狀之相關性較一期作爲高，此與吾人認爲一、二期作產量差異主要是由氣象因子之差異而引起的假設相符合。雖然由因子分析的結果可看出氣象因子對農藝性狀影響的方式及程度因地點、品種及期作而有所不同，但氣象因子與農藝性狀的相關性不論對地區或對品種而言皆相當穩定，如臺南 5 號不論在臺中、屏東或羅東，其農藝性狀與氣象因子之相關性皆甚高；再如臺中地區的臺中 65 號、臺南 5 號及高雄 27 號或羅東地區的臺南 5 號及嘉農 242 號，其農藝性狀與氣象因子的相時性亦甚高。一、二期作產量差異雖有很多原因，但究其根本，生長環境的不同應是造成此種差異的主因，而氣象因子的不同又是造成一、二期作生長環境差異的來源。表九中各地區、各品種在一、二期作下農藝性狀與氣象因子的高相關性爲此種論點的另一證據。

表 9. 氣象因子與農藝性狀之正典相關係數

Table 9. Canonical correlation coefficient between climatic factors and agronomic characters

地區 Region	品種 Variety	一期作 1st crop	二期作 2nd crop	期作差異 Inter-crop difference	平均 Average
臺北 Taipei	臺中 65 號 Taichung 65	.69	.72	.76	.72
新竹 Hsinchu	臺中 65 號 Taichung 65	.86	.82	.78	.82
臺中 Taichung	臺中 65 號 Taichung 65	.78	.97	.98	.91
臺中 Taichung	臺南 5 號 Tainan 5	.98	.95	.99	.97
屏東 Pingtung	高雄 27 號 Kaohsiung 27	.96	.97	.98	.97
屏東 Pingtung	臺南 5 號 Tainan 5	.98	.93	.99	.97
屏東 Pingtung	嘉農 242 號 Chianung 242	.89	.91	.98	.93
花蓮 Hualien	嘉南 8 號 Chianan 8	.69	.86	.89	.81
臺東 Taitung	嘉南 8 號 Chianan 8	.64	.80	.63	.69
羅東 Lotung	臺中 65 號 Taichung 65	.86	.96	.84	.87
羅東 Lotung	臺南 5 號 Tainan 5	.98	.96	.99	.98
平均 Average		.85	.90	.89	

結　　論

氣象因子與水稻產量的關係十分複雜，因水稻產量是由其他農藝性狀所決定，亦可說產量是水稻整個生長過程的最後產物，而氣象因子在水稻某一生長過程中的變化對水稻最後產物所造成的影響不易立即衡量決定，尙須視在其他生長過程中氣象因子的變化對水稻生長的影響，生長過程某一階段由

氣象因子所引起的不利影響也許在其他階段反可由氣象因子的作用來獲得補償 (Tanaka, 1976)，而品種與環境交感作用的存在更增加此種複雜性。在諸如人工氣候室 (phytotron) 中嚴密控制環境下所得到的氣象因子（如氣溫、日照等）與產量及農藝性狀之關係尚不足以代表在田間的眞正關係，科學再發達，硏究者在實驗室中所能控制的複雜的環境畢竟與實際田間狀況尙有距離。臺灣的一、二期稻作事實上在互不相同的環境下生長，所有努力不論是在栽培上或在育種上也都在求如何儘可能的利用這些環境；施肥可以增加土壤養分，灌漑可以補救降水的不足，其他可資利用的天然資源尙有氣溫及日照，如能善加利用水稻在不同生長過程中與氣溫及日照的關係，並從中得利，則不僅二期作有增產的可能，一期作也有再增產的希望。

引用文獻

1. 黃眞生・1976・臺灣水稻第二期作低產之原因。臺灣二期作稻低產原因及其解決方法硏討會專集 ：28-36・行政院國科會硏討會專集（二），行政院國科會，臺北。
2. 鄔宏潘等・1975・第二期稻作低產原因之探討。科學發展月刊 3(10)：5-39。
3. 謝順景、劉大江・1979・臺灣二期作稻低產原因及其解決方法硏討會專集。行政院國科會硏討會專集（二），行政院國科會，臺北。
4. Harman, H. H. 1967 Modern Factor Analysis. 2nd Ed., University of Chicago Press. Chicago.
5. Press, S. J. 1972 Applied Multivarate Analysis. Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York.
6. Tanaka, A. 1976 Comparisons of rice growth in different environments. Proceedings of the symposium on Climate and Rice. : 429-448. IRRI, Los Banos, Philippines.

Influence of climate on the yield and agronomic characters of the first and second crop rices in Taiwan[1]

C. Liu, S. C. Hsieh and M. H. Lin[2]

Summary

A total of 22 sets of data including 7 regions and 5 varieties from long-term regional trials were used to study the influence of climatic factors on the agronomic characters of rice. Climatic factors considered were the mean air temperature and the mean sunshine hours 45 days before and 30 days after heading respectively. Agronomic characters studied were the days of growing (days from transplanting to heading), days of maturing (days from heading to maturing), plant height, number of panicles and the yield.

---

1. Contribution No. 989 from Taiwan Agricultural Research Institute. This study was supported in part by a grant from Council for Agricultural Planning and Development, Executive Yuan, Republic of China.

2. Senior Statistician, Senior Geneticist and Head, and Assistant Geneticist. respectively of the Department of Agronomy, TARI, Wufeng, Taichung Hsien, Taiwan 431, ROC.

Results from factor analysis revealed that the pattern and the magnitude of the climatic influence on the agronomic characters (1st crop, 2nd crop or inter-crop difference) differ quite a lot from region to region and from variety to variety. The different response to climatic change due to the genetic mechanism of the varieties themselves is not the only cause attributed to thus phenomenon, there are also evidences indicating the existence of the genetic-environment interaction.

Results from canonical correlation analysis showed that Taichung and Pintong have the highest association between the 4 climatic factors and 5 agronomic characters. As for the variety, Tainan 5 is the most prominent one.

Utilization of temperature and solar radiation to improve the rice yield is suggested and briefly discussed.